

# 2017年古生物学热点回眸

蔡华伟<sup>1,2</sup>, 杨群<sup>1,3,4</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008
2. 中国科学院资源地层学与古地理学重点实验室, 南京 210008
3. 现代古生物学与地层学国家重点实验室, 南京 210008
4. 中国科学院大学地球科学学院, 北京 100049

**摘要** 2017年国际古生物研究取得了一系列重要进展。本文介绍地球早期生命研究、最古老树木生长模式、生物宏演化、琥珀中的特异保存化石、三维翼龙胚胎、最早的智人等具体成果, 希望由此反映国际古生物研究领域的前沿热点及中国古生物学界所做的突出贡献。

**关键词** 古生物学; 早期生命; 古人类学

2017年全球古生物学研究依然朝气蓬勃。早期生命研究、琥珀特异保存化石群、脊椎动物演化等研究仍然非常活跃, 特别在澄江生物群、古植物学、古人类学和应用古生物学等领域出现了值得关注的研究热点。新技术(如高分辨率同步辐射X射线断层扫描显微、3D打印、MicroCT)、新方法(如计算机数字模拟)的应用越来越迅速和普及。中国科学家依然在若干方向上引领国际古生物学研究。本文遴选、介绍一些具有代表性的重要成果, 希望能窥一斑而见全豹, 以反映2017年度古生物学研究的进展情况。

## 1 地球生命早期研究

### 1.1 发现距今37.7亿~42.8亿年前最古老的可能微生物化石及相关研究

寻找地球上最早的生命痕迹是古生物学家孜孜不倦的追求。2016年在格林兰西南部发现的37亿年前的Isua叠层石<sup>[1]</sup>, 将地球上最早的生命记录提前了2亿多

年。2017年, 英、美、挪威等国的合作研究团队, 在加拿大魁北克地区Nuvvuagittuq上地壳岩带(NSB)中发现了距今37.7亿年至42.8亿年前的微生物化石, 认为是迄今已知最古老的生命证据, 因而将地球上最早的生命记录又提前了至少7000万年<sup>[2]</sup>。

尽管这一成果还显得带有较强的推测性, 但研究者认为, 依据该地层的沉积学特征, 这些已知最早的生命应该形成于早期海底热液口环境。魁北克地区出露的岩体代表了地球形成早期的铁镁质大洋地壳碎片, 其中拉斑玄武岩与钙碱玄武岩层之间的铁质组成单元与当时的火山及海底热液活动密切相关。这些岩石的U-Pb锆石法最小年龄是37.74亿~37.51亿年<sup>[3-4]</sup>, 而<sup>146</sup>Sm-<sup>142</sup>Nd法年龄则为42.8亿年<sup>[5-6]</sup>。

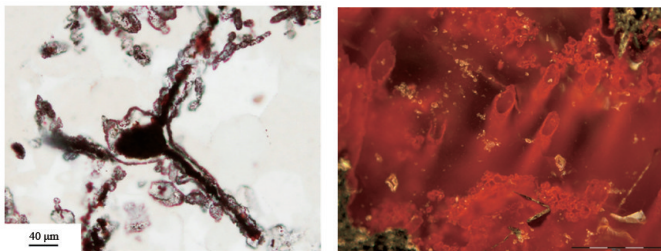
虽然生物何时何地起源还是个未解之谜, 但海底热液喷口被认为是地球早期适合生物起源的环境。魁北克地区发现的这些假定的微生物化石具有与现代海底热液喷口沉积物以及年轻岩石中的微生物结构很类似的微米级赤铁矿管状或丝状结构(图1)。由于古老

收稿日期: 2017-12-31; 修回日期: 2018-01-03

作者简介: 蔡华伟, 研究员, 研究方向为古无脊椎动物学, 电子信箱: hwcai@nigpas.ac.cn; 杨群(通信作者), 研究员, 研究方向为微体古生物学和分子古生物学, 电子信箱: qunyang@nigpas.ac.cn

引用格式: 蔡华伟, 杨群. 2017年古生物学热点回眸[J]. 科技导报, 2018, 36(1): 163-175; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.01.017

岩石的深度变质作用,很难发现35亿年前确切的微体化石<sup>[7]</sup>。因此,研究岩石中的化学痕迹,尤其是含碳物质的同位素组成对于确定化石极为重要<sup>[8]</sup>。NSB中的碳酸岩和含碳物质具有同位素轻碳的特征,这与氧化的生物质特征相一致,从而从另一方面佐证了37.7亿年前海底热液环境中具有生物活动。



(a) 沉积物中的赤铁矿管状体 (b) 附着在铁聚集体上的赤铁矿丝状体,与现代热液喷口环境中微生物的细胞结构类似

图1 地球上已知最古老的微生物  
(透射显微影像,37.7亿~42.8亿年前,  
加拿大魁北克地区,Dodd, et al. 《Nature》, 2017)

此外,一个美国研究团队<sup>[9]</sup>发表了澳大利亚西部发现的大约35亿年前的微生物化石的重要研究进展。尽管这一化石产地早在1982年就有研究成果报告,但是国际上长期存在是“早期微生物还是特殊矿物形态”的争论。最新研究认为,这个问题已经尘埃落定,因为该团队采用了先进的SIMS(二次离子质谱)技术,将西澳Apex硅质岩中分离出来的5个微生物形态类群中的碳同位素组份进行了系统分析,显示这些化石的化学指纹具有明显的生物学特征。我们认为,西澳35亿年前的微生物化石记录是迄今为止在微生物形态学上最为深入的最早地球生命的研究成果;有关魁北克37亿~42亿年前的可能微生物成果将需要进一步检验和论证才能确定。

## 1.2 瓮安生物群动物胚胎化石中发现细胞核结构

真核生物是由真核细胞构成的生物,包括原生生物界、真菌界、植物界和动物界。与原核细胞最明显的区别是真核细胞具有细胞核等细胞器而原核细胞没有这些复杂的亚细胞结构。地球上所有复杂的高等生命包括人类在内都是由真核细胞组成。

由于化石保存原因,很难从细胞学层面研究化石的生物学结构,因此探索真核细胞的起源和真核生命早期演化过程等是一直悬而未决的科学问题。其中,如何有效发现并识别化石记录中的真核细胞及其亚细

胞结构是重建地球真核生物早期演化历史的关键所在。

地球早期的真核化石记录主要是呈有机质壁保存的单细胞浮游藻类。由于只保存了简单的细胞壁,它们能提供的生物学信息非常稀少。部分有机质壁内部保存了类似细胞核的结构,但对这些结构是否是细胞核一直充满争论,一些研究认为这些核状结构并非细胞核,而可能是未完全降解的原生质。

中国贵州6.1亿年前的瓮安生物群是磷酸盐化特异埋藏的真核生物化石群,不仅以三维立体的形式保存了大量非生物矿化的软体组织,还保存了这些组织中异常精美的细胞和亚细胞细节,从而为解决上述难题提供了良好的基础。

瓮安生物群中的动物胚胎化石作为迄今最古老的动物化石记录之一,其亚细胞结构受到了广泛关注,对其中一类尺寸较大的核状亚细胞结构的成因解释一直充满争论。最初有学者认为它们可能是细胞核<sup>[10]</sup>,指示这些化石是典型的真核生物,但这一解释并未被广泛接受,以至后人提出新假说认为瓮安动物胚胎化石并非动物胚胎,而是没有细胞核的巨大氧化硫细菌及其集合体<sup>[11]</sup>。2011年,又有学者将它们重新解释为细胞核,并声称发现了细胞核分裂的证据<sup>[12]</sup>。但这一解释同样遭到了埋藏学研究的反对<sup>[13]</sup>。

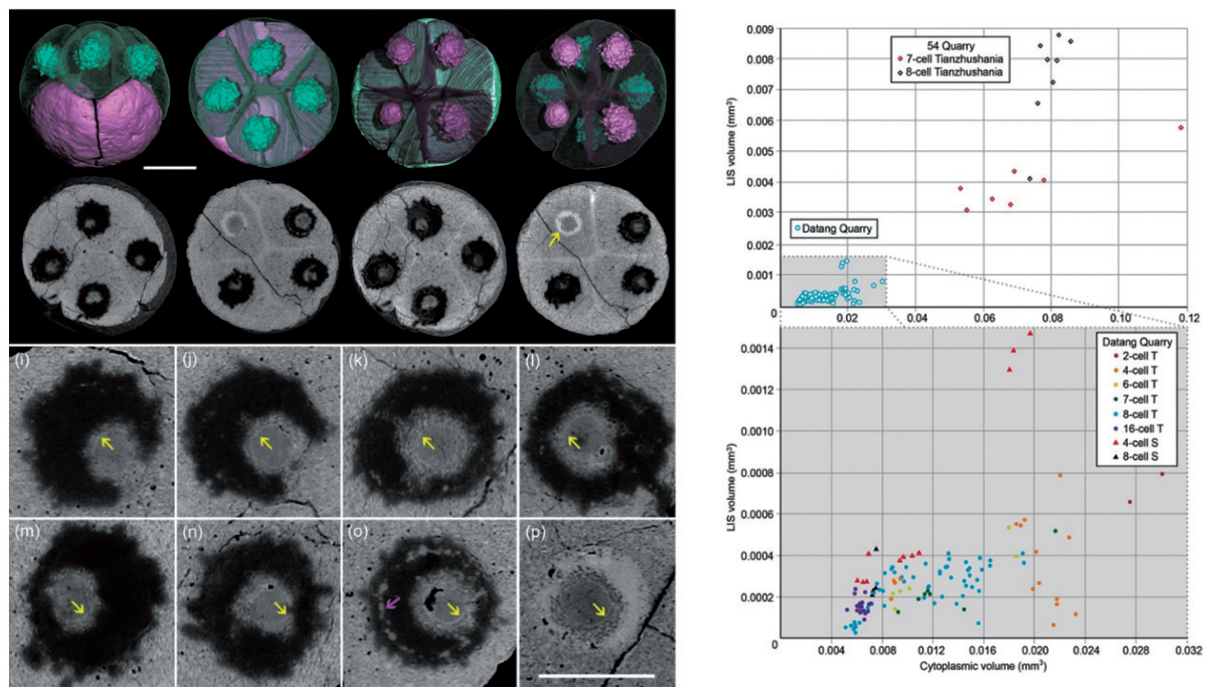
为解决这一争论,中、英、巴西和瑞典的国际团队在欧洲同步辐射光源和瑞士光源采用亚微米分辨率的三维无损成像技术扫描了大量标本,发现许多呈均等同步分裂的瓮安动物胚胎化石,以及具有类似细胞分裂特征的旋胞类化石中保存了丰富的亚细胞结构。其中较大的核状结构并非都是由后期成岩磷灰石晶体形成的次生结构,在很多标本中它们和保存的细胞质一样,是典型的纳米晶组成,代表了第一期次磷酸盐交代的原生生物学结构(图2(a))。这些核状结构多成椭圆形或球形,往往每个细胞中发育一个,位于细胞中间。偶尔也可以见到未分裂的母细胞中具有两个核状结构,而母细胞的体积是子代细胞的两倍,核状结构的体积则恰好和子代细胞中核状结构体积一致(图2(b))。高分辨三维重建发现在一些保存精美的标本中核状结构具有膜,其内部甚至还发育了更细微的生物学结构<sup>[14]</sup>。

基于大量标本CT数据的定量分析发现,随着细胞分裂的进行,核状结构与其宿主细胞之间有稳定的比

例关系,这一系列的特征表明核状结构是一种生物学结构而非成岩伪像。综合埋藏学、显微结构学以及定量统计分析等三方面的证据,可以证明瓮安动物化石细胞中的核状结构是生物学成因的细胞器。在真核生物众多细胞器中,符合化石特征(位置、体积、数量、形态、具膜和内部细微结构、与细胞的体积比)的只有细胞核,而观察到核状结构内部更微小的球状结构则可

能是核仁。

该研究不仅证明瓮安生物群微体化石中的核状结构是细胞核,而且以全新的数据展示了细胞核保存的精美细节,表明细胞核作为真核细胞最重要的细胞器可以非常完好地保存在早期微体化石中。细胞核作为识别早期真核生物化石最重要的结构特征之一,为鉴定真核化石记录,追溯真核生物的演化历史提供了重要线索。



(a) 瓮安生物群中动物胚胎化石的细胞核结构,图中所示1枚8细胞期标本,每个细胞体积一致,各含1个细胞核,箭头指示细胞核内的核仁

(b) 细胞核与宿主细胞之间的体积关系统计

图2 大约6.1亿年前的瓮安生物群动物胚胎化石中发现细胞核结构  
(Yin, et al. 《Precambrian Research》, 2017)

### 1.3 寒武纪生物大爆发前后的重要进展

在距今约5.3亿年前的寒武纪早期,生物各主要门类突然出现,这就是至今仍被国际学术界列为“十大科学难题”之一的寒武纪生命大爆发。对寒武纪生物大爆发的过程及原因的研究始终都是国际学术界的热点之一。

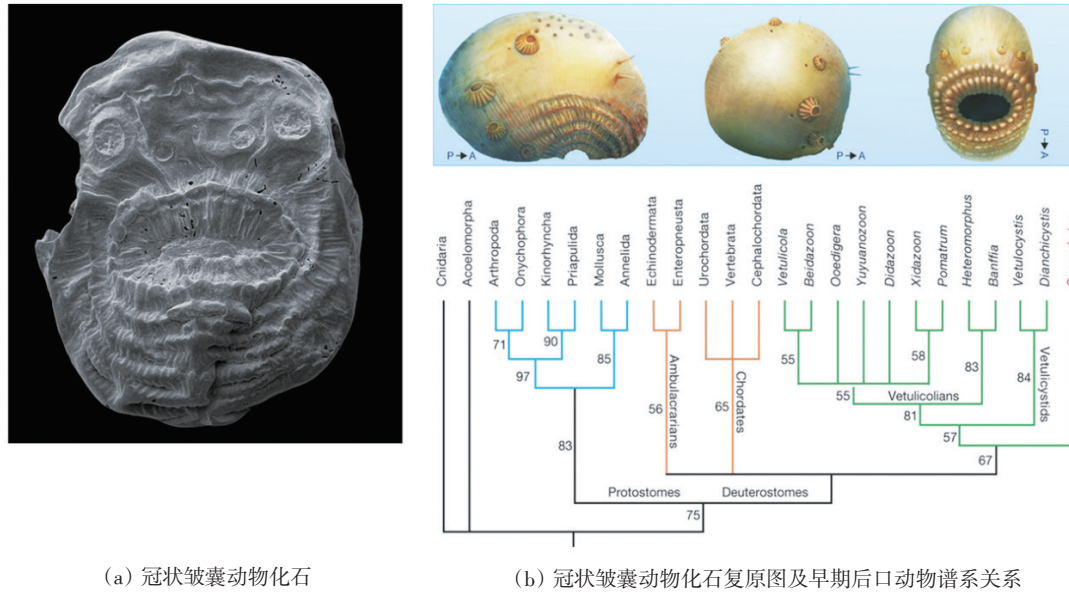
包括人在内的脊椎动物都属于后口动物,其他还包括棘皮动物、半索动物、被囊动物,以及古虫等归属尚存在疑问的类群。虽然寒武纪生物化石种类众多,但后口动物的祖先类型一直未被发现。中国、英国、德国古生物学家组成的研究团队在陕西南部约5.35亿年

前寒武纪最早期奥斯坦型特异保存化石群的研究中,发现了最古老的原始后口动物——冠状皱囊动物(*Saccorhytus coronarius* Han et al, 2017)<sup>[15]</sup>。这种成体仅1 mm的微型动物,被认为代表着显生宙最早期的微型人类远祖至亲。

新发现的冠状皱囊动物呈椭球形,成体大小约1 mm左右,具有突出的口部及皱褶,其后在身体两侧各具4个锥孔以及可能的感官结构。由于缺少肛门,所以两侧的锥孔可能用于排水及废物,而这些锥孔很可能是鳃裂构造的雏型<sup>[16-19]</sup>。所有特征显示,这种最古老、最原始的后口动物,对深入探讨两侧对称动物的躯

体构型起源具有重大意义。此外,本项研究还标明,奥斯坦型生物的研究对探讨寒武纪生物大爆发的过程具有重要意义。

冠状皱囊动物作为最早的后口动物祖先,其复原图作为《Nature》杂志的封面,并被《Nature》评为2017年度最佳科学图片(图3)。



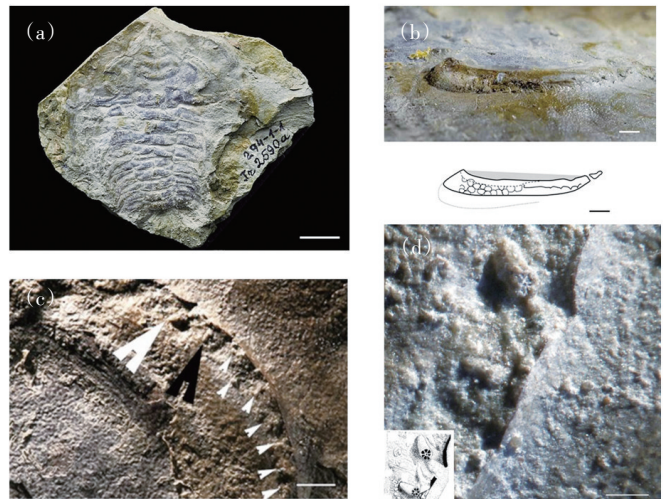
(a) 冠状皱囊动物化石

(b) 冠状皱囊动物化石复原图及早期后口动物谱系关系

图3 最早的后口动物祖先(Han, et al. 《Nature》, 2017)

除了生物类群的重要发现,在寒武纪生物大爆发中,生物的各种器官及功能也在快速演化,这些演化过程的研究同样是国际学术界所关注的热点。例如,视力使得动物可以感知环境以及寻找交配对象,从而在竞争和自然选择中得以延续,因此是动物演化进程的关键因素之一<sup>[20]</sup>。2013年,中国科学家在距今约5.2亿年前的澄江生物群中发现了保存完好的复眼化石<sup>[21]</sup>,这些化石复眼由多达2000个小眼构成,并具有相对大的小眼组成的敏锐带,这种复眼特征已经与现生昆虫或甲壳动物的眼睛十分相似,表明在寒武纪生命大爆发多门类生物出现的同时,其精细的神经结构也已经演化到惊人的阶段。2017年,来自英国、德国和爱沙尼亚等国的欧洲科学家团队在研究1块5.3亿年前保存完好的三叶虫化石时发现了它的复眼及内部感官结构<sup>[20]</sup>,这可能是目前已知最古老的眼睛(图4)。此项研究发现,5亿多年来复眼的结构和功能几乎没有改变过。科学家发现,相比当今动物,当时三叶虫视力还比较低,但足以识别捕食者和路障。它的复眼由100多个小眼构成。不同于现代复眼,化石中三叶虫的眼睛没有晶状体,这或许因为三叶虫缺乏形成晶状体所必须的某种成分。简单对比来看,动物的眼睛在1000万年间发

生了快速演化,无论是小眼数目、眼睛结构、神经结构以及视力都差别明显。当然,这还需要考虑不同生活环境的因素。此外,为什么目前发现最早的眼睛不是单眼、单眼何时起源、单眼和复眼的演化关系如何等问题需要科学家在今后的研究中深入探讨。



(a) 三叶虫 *Schmidtiellus reetae* Bergström 标本;(b) 上述标本右眼侧视图及图示;(c) 眼睛局部放大,小箭头指示单眼;

(d) 图(c)大箭头所示部分放大及示意,指示2个视觉单元

图4 大约5.3亿年前的最古老眼睛 (Schoenemann, et al. 《PNAS》, 2017)

寒武纪中期的布尔基斯生物群产于加拿大西部的落基山脉,时代略晚于中国著名的云南澄江生物群,却是最早发现的解密寒武纪大爆发现象的、含有丰富软躯体动物的特异埋葬化石群。最新研究揭示,布尔基斯生物群中有一类疑难化石——Habelia,是一类个体很小(只有2 cm长)、具有盔甲的凶狠掠食节肢动物,其形态解剖特征,包括5个眼睛和7对柱状腿肢,使人完全迷失在现已建立的节肢动物分类系统中<sup>[23]</sup>。研究者通过极为细致的头部构造分析发现,尽管Habelia的一对触角和一对颚肢貌似昆虫等节肢动物,但是,采用贝叶斯谱系分析显示,这类化石与螯肢动物(包括蟹、蜘蛛等)亲缘关系更为接近,而它们的头部似有顎类特征属于平行演化的结果,即为由于特殊捕食方式而产生的适应演化所致。这一研究成果,为研究寒武纪早期动物的系统学问题提供了一个新的研究方法。

在寒武纪大爆发之前的地球上,出现了一群被认为是代表一次“失败的演化试验”的宏体生物群——伊迪卡拉生物群,他们固着或紧贴海底生活,在前寒武纪的微生物海洋世界里,大约统治了3000万年之久(约5.7亿~5.4亿年前)。其中有一类大型个体长得像蕨类植物的叶形状(rangemorphs),但是可能属于动物类。科学界极为疑惑的是,这些大型分枝叶状体如何得以从微生物世界中突然跳跃演化到个体可达数十厘米(最大2 m)的生物体?剑桥大学的研究人员采用CT扫描和光学影像技术<sup>[23]</sup>,结合计算机数字模型分析,阐明了伊迪卡拉纪叶状生物的分枝程度和大小与它们的体表面积正相关,这就意味着,叶状体生物的大小、形态应该与营养物质的摄入水平直接相关。这就引导研究人员推断,新元古代晚期大型生物的出现,反映了海水中化学成分的快速变化,可能包括营养物质和氧气含量等。

目前古生物领域采用计算机数字模型研究形体与生态功能的尝试,相对于其他学科领域,显得特别稀有。利用计算机数字模型,探讨古生物形态、功能、生态、演化的意义,将是这个领域未来发展的一个重要方向。

## 2 解密最古老树木生长模式

泥盆纪尤其是中泥盆世至晚泥盆世时期(距今约

3.9~3.6亿年),古环境发生了剧烈变化,大气二氧化碳的浓度发生了地质历史中最大幅度的降低,陆地生态系统发生了重大变化,其中最重要的是在中泥盆世晚期(距今约3.8亿年)出现了最早的森林<sup>[24]</sup>。至晚泥盆世,森林已经拓展至当时全球的主要陆块,大气二氧化碳的浓度也已降至与现代相当的水平,而最早的四足动物(两栖类)已经适应了陆地生活。陆地生态系统在中泥盆世的完善与发展对地球环境以及其后包括人类在内的所有陆地生物的起源和演化都产生了深远影响。

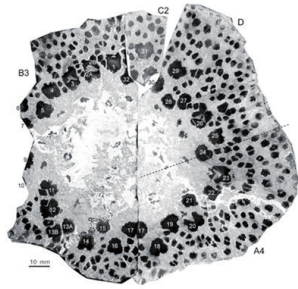
与现在的森林不同,最早的森林主要是由枝蕨类植物(Cladoxylopsida)所构成。枝蕨类植物的显著特点是其解剖结构中具有多枚独特的、呈分枝状的木质部束。目前对于构成最早森林的枝蕨类植物化石,仅有铸型和压型保存的化石材料,通过这些材料只能了解植物体的外部形态。植物的解剖结构记录了植物体的生长发育信息,只有通过植物解剖结构的研究,才能了解植物体生长过程,尤其是至关重要的植物如何加粗生长。构成泥盆纪森林的植物往往外部形态相近,而内部解剖结构和生长模式却具有显著差异。

中国古生物学家联合英美学者对新疆塔城地区晚泥盆世(距今约3.7亿年)硅化保存的枝蕨类化石进行深入研究<sup>[25]</sup>。新疆硅化保存的枝蕨类植物最大直径达70 cm,是最早的硅化木(图5(a)),其内部结构独特,至少30枚独立的茎维管束交错排列,构成双环状的圆柱形维管束群(图5(b)),维管束群外围布满了根,这些维管束均具有明显的次生木质部和加粗生长,也具有生长轮(年轮)。此类枝蕨类植物的茎维管束彼此交错成复杂的立体网格,植物体在生长过程中,通过增大单个茎维管束的直径以及不断分生出新的根,而改变维管束群的立体网格结构,进而完成加粗生长(图5(c)),同时,植物也变得越发高大。构成早期森林的枝蕨类植物这种加粗生长的方式与现代植物中的某些单子叶植物具有一定的相似性。

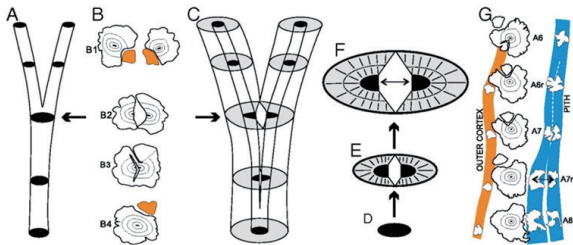
新疆塔城地区硅化保存的枝蕨类植物就是构成地球上最早森林的植物,此前曾在美国纽约州等地的相关地层中有所报道<sup>[24]</sup>。尽管这些化石并不是地球上最早的枝蕨类植物,但是通过对它们内部“骨骼”的研究,识别出了枝蕨类植物类群加粗生长的模式,重建了枝蕨类植物的生长模型。



(a) 新疆晚泥盆世最大的硅化树干野外照片,直径可达70 cm (图片来源:中国科学院南京地质古生物研究所)



(b) 新疆晚泥盆世硅化树干的横截面,该植物的中柱呈双环状,由至少33枚较粗壮的茎维管束所构成,有茎维管束正在分裂



(c) 最古老树木生长示意

图5 解密最古老树木生长模式(Xu, et al. 《PNAS》, 2017)

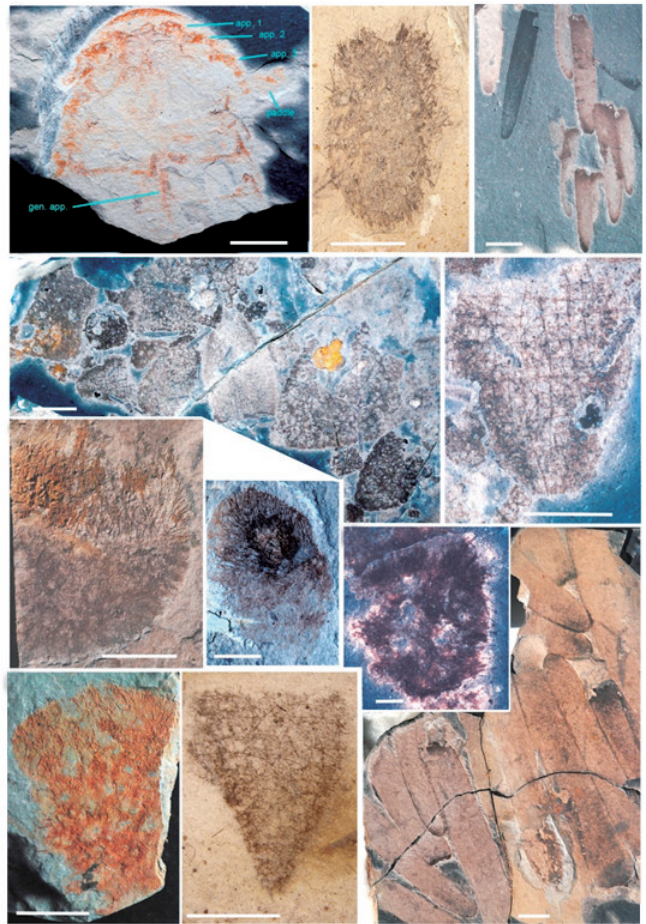


图6 奥陶纪末安吉动物群(大约4.4亿年前)化石标本 (Botting, et al. 《Current Biology》, 2017)

### 3 奥陶纪末生物大绝灭后的独特海洋生态系统

发生于奥陶纪末的生物大绝灭事件(距今4.45亿年前)是显生宙以来的第一次集群生物绝灭事件<sup>[26]</sup>,在短时间内导致当时海洋生物的85%的物种灭绝,生物群落结构瓦解,海洋生态系统遭受重创。以往研究显示,在该次事件后,海洋生物世界一片凋零,在经历残存期后,虽然陆续开始生物复苏,但不同的生态类型表现出明显的不同步现象,有的门类在数百万年后才恢复到灭绝前的丰度。由于灭绝期和残存期的时限短暂,记录残缺不全,往往难以重建当时的生态结构。

英国和中国科学家组成的科研团队,在浙江安吉发现奥陶纪末的特异埋藏化石群——安吉动物群<sup>[27]</sup>,揭示了该次生物大灭绝后的奇异海洋生物世界,展现了前所未有的“劫后余生”独特场景(图6)。该动物群以底栖固着的海绵动物占绝对优势,属种异常丰富,同时也有一些底栖生活的节肢动物(鲎类)、棘皮动物,以及死后沉落海底并一起埋藏的笔石、腹足类和鸚鵡螺等浮游、游泳生物。

安吉动物群中海绵动物化石种类极其丰富,迄今为止已鉴定超过75个种,这一数量已明显超过著名的加拿大寒武纪布尔吉斯页岩中经过100多年采集获得的海绵属种总数,是目前已发现的地史时期最为丰富多样的海绵动物群。该动物群的海绵化石以普遍含六射海绵骨针为特征,个体体型较大,结构复杂,表明当时海绵动物通过增加露出海底的高度来增强其适应能力;此外,也发现了海绵动物通过增加海绵体壁空隙来提升适应深水生态环境的能力。

这些海绵动物化石保存精美完好,古生态学和生物地理学分析表明,该动物群生活在贫氧-缺氧的深水海底中。生物地层学研究表明,其时代为奥陶纪末的赫南特晚期,距今约4.44亿年。

安吉动物群的发现,揭示了大灾变后的残存期海底并非以往所认为的那样沉寂和荒芜,在海洋深处仍有丰富的多门类的、多种生态的生物繁衍生息,甚至还

生机蓬勃。这些海绵动物也许是劫后余生,抑或更可能是海绵动物并未遭受大灭绝事件的影响。在其他时期的生物大灭绝事件(如二叠纪末)后的残存期也同样出现丰富的海绵化石,表明在显生宙灾变期海洋生态系统全面崩溃后,海绵动物所受影响较小,在残存期的海底快速发展,并通过底栖固著的生活方式,扮演“生态系统工程师”的角色,帮助固定海底表面沉积物,提供栖息生境,从而为其他滤食生物的快速复苏创造了有利条件。

#### 4 琥珀特异保存化石揭示亿万年前生物多样性及生物习性演化过程

作为一种特殊的保存环境,琥珀中的化石往往保留了最为精致的细节特征,为研究地质历史时期生物面貌和行为提供了最佳的条件。因此,近年来针对琥珀化石的研究成为古生物学的热点之一,2017年仍然有很多相关成果发表<sup>[28-36]</sup>。这些成果涉及生物多样性、生物习性演化、动植物相互作用、有机地球化学等。

##### 4.1 白垩纪伞菌的多样性

蘑菇是一类大型、种类繁多的高等真菌,隶属担子菌门,伞菌纲。食用真菌多属这类,如香菇、牛肝菌、金针菇等。伞菌类的子实体较大,通常肉眼可见,属于繁殖器官。其生活周期很短,且质地柔软,缺乏几丁质表皮或矿化壳体,也不具备高等植物的维管束结构,很难保存为印痕化石。

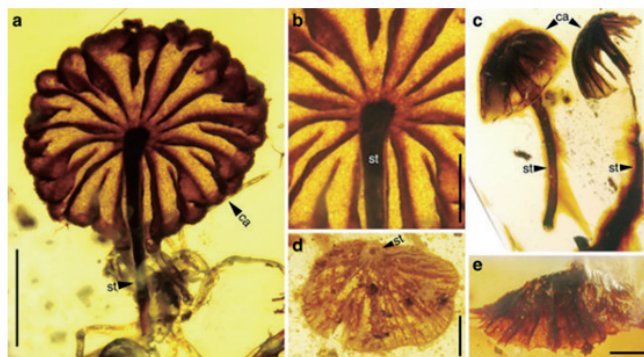
目前已知的蘑菇化石均来自琥珀,共描述5种蘑菇化石,其中3例来自中新世多米尼加琥珀(约2000万年前),两例分别来自白垩纪新泽西琥珀(约9000万年前)和缅甸琥珀。已知最古老的蘑菇来自白垩纪中期(约1亿年前)的缅甸琥珀。因此,人们对蘑菇的早期演化历史,特别是中生代演化史知之甚少。

中国、新西兰、美国科学家组成的科研团队对大量缅甸琥珀进行了研究,发现多种蘑菇,并通过蘑菇专食性甲虫的化石记录和功能形态学分析论证了白垩纪蘑菇的多样性<sup>[28]</sup>。

最早的蘑菇发现于缅甸琥珀,但这块标本保存欠佳,仅保存了伞盖部分。此次研究发现了多个保存完好的小型蘑菇,提供了中生代伞菌多样性的直接证据。这些蘑菇包含4个新类型,均属于伞菌纲伞菌目,极大地丰富了白垩纪蘑菇的多样性。

更有趣的是,研究人员还在缅甸琥珀中发现了多种形态特殊的甲虫,即巨须隐翅虫。现代所有的巨须隐翅虫(约100种)都是严格以蘑菇为食的昆虫,而不同的甲虫类型取食不同种类的蘑菇。琥珀中的巨须隐翅虫形态特征上与现代类型十分相似,尤其是它们高度特化的口器:下唇须末端呈斧状,端部布满细小的嗅觉感受器,用以探寻蘑菇并判断它们的新鲜程度;另外,它们的上颚内侧呈锯齿状,用以切割和取食蘑菇。在缅甸琥珀中共发现3种巨须隐翅虫,这也从另一个角度暗示了蘑菇种类的多样性(图7)。

此外,具有类似特化口器的巨须隐翅虫的演化史至少可以追溯到白垩纪早期的热河生物群(约1.25亿年前),其中至少发现了3类形态各异的巨须隐翅虫,从而旁证了早白垩世的蘑菇多样性,并将蘑菇的起源前推了至少2000万年。



(a) 缅甸琥珀中多样化的蘑菇(Cai, et al. 《Nature Communications》, 2017)



(b) 白垩纪中期巨须隐翅虫取食蘑菇的生态复原图  
(图片来源:中国科学院南京地质古生物研究所)

图7 白垩纪伞菌多样性及与昆虫的关系

## 4.2 昆虫行为演化

由于琥珀保存的特殊性,人们得以观察到亿万年前生物习性的特征和演化过程,特别是昆虫行为的演化,如社会性行为、求偶、捕食等。

自然界中社会性昆虫(如蚂蚁、白蚁和蜜蜂)与其他动物之间存在十分密切的关系,白蚁是目前已知最为古老的社会性昆虫,其社会性起源于侏罗纪晚期,显著早于其他社会性昆虫。白蚁巢穴中也常寄居有种类多样、形态特化的小型动物(主要为昆虫),有些离开蚁巢则无法生存,它们被称为蜚(wèi)客(Termitophiles),这种现象可称为社会性寄生。目前已知确信的蜚客化石全部来自中新世的多米尼加和墨西哥琥珀(约1900万年前)。已知最古老的白蚁化石发现于白垩纪早期,中生代蜚客的研究对理解白蚁社会性的起源、白蚁巢穴中共生生物的早期演化以及昆虫之间复杂的相互关系具有重要意义。

研究人员在白垩纪中期缅甸琥珀中(约1亿年前)发现的两枚保存完好的隐翅虫化石,其形态非常特化,头部、触角、前足和中足全部缩于身体腹面,呈典型的似蜚体型。这类甲虫的腹部具有很多向后的刚毛,后足跗节具成排棒状小刺,这些结构都起到了防护作用。更为有趣的是,它们后足异常粗壮,不活动时可缩

于后胸腹板的超大腿板之下,运动时则可以伸出体外。强壮的后足腿节、发育的大腿板和后足腿节末端的刺均为与跳跃相关的适应特征,暗示了它们可能具有跳跃习性,从而高效地避开白蚁的干扰。由于现生毛蜚隐翅虫族的所有属种都是严格的蜚客,结合形态特征推测这类化石隐翅虫也具有类似的生活方式,代表了目前已知最古老的蜚客化石,将蜚客化石记录推前了约8000万年<sup>[27]</sup>(图8(a)、(b))。

中生代首例蜚客的发现不仅证明了白蚁的社会性在白垩纪中期已经形成,而且表明了社会性昆虫的巢穴在其演化的早期阶段已经被其他动物所利用。

求偶行为广泛存在于现生昆虫的各个类群,但化石记录极为罕见。科研人员在缅甸琥珀中发现了3枚具求偶行为的雄性豆娘(蜻蜓的一种)化石,命名为黄氏忆人扇螳<sup>[35]</sup>(图8(c)、(d))。现生雄性扇螳科和鼓螳科豆娘具有增生胫节,用于求偶期间的性展示和驱赶其他领地侵犯者。雄性扇螳科豆娘具有白色羽毛状的胫节增生足,在交配前,它们在雌性面前缓缓飞行,来展示他们美丽的足部。黄氏忆人扇螳标本具有类似带斑纹的薄豆荚状的巨大胫节,推测同样用以吸引异性:它们会在雌性面前翩翩起舞,展示其美丽的六足,并用巨足来驱赶其他雄性,以获取成功交配的机会。另外,



图8 保存在琥珀中的昆虫行为

黄氏憶人扇螳标本胫节透明,并有两条窄的棕色斑纹,后足胫节巨大、极度增生而呈豆荚状,这种极端特化的情况在现生和化石蜻蜓中还是首次发现。

蜻蜓属于视力很好的捕食者,黄氏憶人扇螳标本胫节上的眼点可能更多的是用于吸引异性而非吓阻捕食者,功能类似于孔雀羽毛上的眼点。然而,极度增生的胫节很可能会令他们飞行缓慢,因此成为一些更强大的捕食者(如鸟类或者翼龙)的盘中之餐,这很可能是导致它们灭绝的原因。

此外,科研人员还在白垩纪中期缅甸琥珀中发现了一类形态极其特化、专性捕食跳虫的苔甲化石,并且揭示了早期苔甲特化的形态特征与专性捕食跳虫的行为适应,深化了对早期陆地生态系统中捕食者与被捕食者之间演化关系的认识<sup>[30]</sup>(图8(e))。

与体长一般为1~3 mm的现生苔甲相比,恐怖古鞭苔甲体长可达6~7 mm,可算“超大”。其下颚须长棒状,上颚具齿,足超长;更为有趣的是,它的触角极其修长,基部两小节明显加长,且其腹面具有两排规律排列的大刚毛。触角第一小节和第二小节之间可自由弯曲,当触角第二小节向下弯曲时,便形成了由众多大刚毛构成的“触角毛状陷阱”。这一特征与现生一类极其特化的步行虫——毛角步甲(Loricarinae)十分类似,这类步甲行走迅速,专门以捕食陆地上极其常见的小型生物——跳虫(弹尾纲)为生。通过对化石苔甲触角细节特征的分析以及与现生毛角步甲的习性对比推测,这类白垩纪苔甲很有可能具有与毛角步甲类似的捕食行为。

白垩纪特化苔甲的发现代表了专性捕食跳虫的最早化石记录,这对进一步理解早期生态系统中捕食者与被捕食者之间的演化关系具有重要意义。

## 5 首次发现三维翼龙胚胎

中国科学家在新疆哈密下白垩统地层中发现了一件超过200枚翼龙蛋、胚胎和骨骼化石三维一体保存的重要标本,其中16枚翼龙蛋含有三维立体的胚胎化石,这是全世界首次发现3D翼龙胚胎<sup>[37]</sup>(图9(a)、(b))。

翼龙是地球上第一类飞向天空也是唯一绝灭的飞行脊椎动物,因飞行的需要其演化出纤细中空的骨骼,所以在全世界范围内翼龙化石都十分稀少,而翼龙蛋和胚胎化石更是罕见。除了在哈密翼龙动物群中之前

报道的5枚翼龙蛋之外,全世界一共报道了6枚翼龙蛋化石,在3枚含有翼龙胚胎的标本中,2枚来自中国,1枚来自阿根廷。尽管目前有关翼龙蛋化石的研究已经取得了一定的进展,但由于化石发现的很少,而且大部分是二维保存的,很多生物学问题如胚胎发育和生殖策略等很难被解释。

2014年,在中国新疆哈密曾发现三维立体保存的大量雌雄哈密翼龙个体及它们的5枚蛋化石,这也是世界上首次报道的三维立体保存的翼龙蛋<sup>[38]</sup>,虽然这些翼龙蛋化石没有保存胚胎,但却让研究者对翼龙蛋的蛋壳结构有了清晰的认识。大量翼龙蛋、胚胎和头骨等骨骼化石的发现,显示哈密翼龙具有群居的生活习性,而且这里很可能是它繁殖产蛋地点之一。

之前,由于翼龙蛋与胚胎研究材料少之又少,古生物学家对于翼龙的胚胎和生殖发育等方面的了解还十分有限,CT重建及胚胎发育研究首次证明翼龙后肢发育速度较前肢快,孵化出壳后幼体只会走不会飞。此次对42枚翼龙蛋化石进行显微修理或者CT扫描,其中16枚保留胚胎,胚胎化石基本是不完整的,骨骼从一根到几根均有,可能是因为胚胎处于不同的发育阶段,也可能是因为骨骼保存状况的差异所致。由于大量聚集在一起的翼龙蛋化石都经过风暴引起的短距离搬运,以及翼龙蛋具有“软壳蛋”的特征,所有翼龙蛋中的胚胎化石都存在不同程度的缺失是正常的,所以要判断每一个蛋中胚胎的发育阶段比较困难。为了解决这个问题,假设相同发育阶段的胚胎个体大小一致,可以通过骨骼的长度对比,确认翼龙胚胎的发育程度。其中有3枚胚胎(第11、12、13号)具有长度相当的肱骨,应处于相近或相同的胚胎发育阶段,而另外1枚胚胎(7号)肱骨比前三者长约20%,可能处于更晚的发育阶段。目前发现的最小的幼年翼龙的肱骨化石,比7号和13号分别长约18%和40%,再加上之前已经采集到的亚成年个体的肱骨,研究人员获得了一系列从不同胚胎发育阶段到亚成年的哈密翼龙肱骨序列。

对其中保存最完整的一件标本进行CT扫描和三维重建,发现虽然哈密翼龙胚胎的股骨已经完全发育,具有了与亚成年或成年个体一致的股骨头和明显收缩的股骨颈,这意味着很可能哈密翼龙孵化后就具备了在陆地上行走的能力;但其左右两侧的肱骨却还没有发育完全,还不具有弯曲的三角肌脊,这一结构是翼龙附着与飞行相关的胸肌的位置,意味着翼龙孵化后很可



(a) 新疆哈密早白垩世砂岩中保存的200多个翼龙蛋。红色的箭头表示有胚胎的翼龙蛋;绿色箭头表示CT扫描的3个翼龙蛋的位置;橙色箭头表示没有胚胎的翼龙蛋  
(Wang, et al. 《Science》, 2017)

(b) 三维立体保存的哈密翼龙蛋化石。A 局部放大;B-F 显示不同变形程度蛋化石  
(Wang, et al. 《Science》, 2017)



(c) 哈密翼龙生态复原图  
(图片来源:中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

图9 三维翼龙胚胎

能还不具备飞行能力,只有行走能力。

综上所述,哈密翼龙后肢发育速度较前肢快,孵化之后的婴儿具有地面行动能力,但还不能飞行,因为牙齿萌发较晚,很可能也不能主动捕食,需要父母进行喂食或者照料。

此外,沉积学和埋藏学观察表明,大型湖泊风暴事件导致了哈密翼龙集群死亡,并经历了短距离搬运快速埋藏。

## 6 古人类学研究进展

人类起源与演化始终是国际学术界关注的焦点。2017年人类学研究的一些重要进展不可避免引起学术界和社会的广泛关注。

### 6.1 摩洛哥发现最早的智人化石

智人(*Homo sapiens*)是人类演化过程中重要的一环,通常认为智人最早在大约20万年前起源于东非。

2017年,由德、法、美、澳大利亚、意大利和摩洛哥等国的科学家,公布了他们在北非摩洛哥大西洋沿岸的杰贝尔·伊尔霍德(Jebel Irhoud)遗址的惊人发现<sup>[39-40]</sup>。

通过对摩洛哥获得的人类头骨、面骨和下颌骨化石进行深入分析,证实这些化石至少来自5个智人个体,他们的面部和下颌形态与现代人非常相似,脑部大小也比较接近,但头骨相对更平、更长<sup>[39]</sup>(图10(a))。经过热释光断代,这些化石距今大约31.5万年<sup>[40]</sup>。研究人员还发现,考古地点的人工制品,一些经过火烧的石制

工具,也有31至35万年的历史<sup>[40]</sup>,也从另一方面佐证了对于化石年代的判断。

之前,世界上大多数的人类学家都认为现代人大约在20万年前起源于东非某处(可能在今埃塞俄比亚),然后逐渐走出非洲,分散到欧亚大陆和世界各地,其间曾与尼安德特人、丹尼索瓦人或其他未知古人类共同生活并有基因交流。但当前研究则将现代人的起源时间大幅往前推了11.5万年,而且现代人的起源地并不仅限于东非而是包括整个非洲。《Nature》在同期发表评论认为:“这项研究把摩洛哥从默默无闻推向了研究智人进化的前台。”<sup>[41]</sup>

尽管摩洛哥的化石未能进行DNA检测,但现代人起源早于20万年前这一论断已得到另一项古DNA研究的支持。瑞典和南非学者对一名大约两千年前生活在南非的小孩进行了DNA序列检测,结果证明今天部分非洲居民祖先的谱系可以追溯到26万年前<sup>[42]</sup>。

除此之外,中国陕西大荔县发现的“大荔人”化石也因此再度成为关注的焦点。“大荔人”属于早期智人化石,体质特征介于直立人和早期智人之间,距今约26万年。

2017年,中美学者指出,大荔人头骨与摩洛哥的智人头骨有相似之处,大荔人更接近于非洲和东欧亚而不是西欧的古人类。大荔人头骨表明基因流动可能是多方向的,早期现代人的演化过程也许比目前推测得更为复杂,其特征来源可能来自全球更广泛的地区。在某个时段,非洲早期现代人或与中国等东亚地区的早期现代人有重要的基因交流<sup>[43]</sup>。



(a) 最古老智人面部重建图(Hublin, et al. 《Nature》, 2017) (b) 最古老智人头盖骨 (左)比现代人(右)长 (Callaway. 《Nature》, 2017) (c) 大荔人头骨化石 (Athreya, et al. 《Am J Phys Anthropol》, 2017)

图10 最古老智人研究取得重大进展

## 6.2 发现新的古老型人类——许昌人

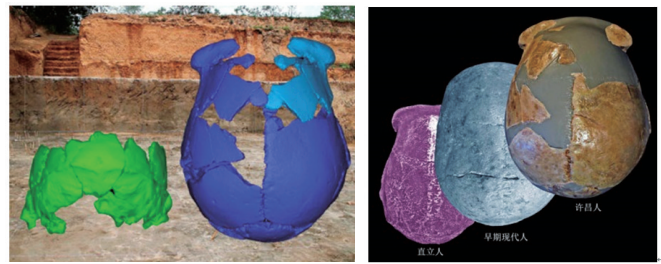
中国学者研究发现,距今10.5~12.5万年前,中国境内生存着一群体质特征非常特殊的古老型人类——许昌人<sup>[44]</sup>,其头骨呈现出更新世晚期人类、东亚中更新世直立人以及欧洲尼安德特人的混合特征(图11)。他们不是早期现代人、尼安德特人、海德堡人或直立人,而是一种新的古老型人类,目前还无法将其归入任何已知的古老型类群之中。

许昌人头骨化石出土时已经破裂成碎片,共计45块。经过鉴定,确认这些头骨碎片代表5个个体,其中1号和2号个体相对较为完整,分别代表一个年轻的男性个体及一个较为年轻的成年个体。

通过形态观测、高清晰度CT扫描、手工及三维虚拟复原等方法,分别制作了1号和2号人头骨虚拟及实体的复原头骨及颅内膜,并发现许昌人头骨呈现复杂的混合及镶嵌性形态特征,比如脑颅的扩大和纤细化,具有东亚中更新世早期人类(如周口店直立人、和县直立人等)的原始及共同特征,具有与典型的尼安德特人相似的特征,暗示了两个人群之间基因交流的可能性。许昌人头骨具有的这种混合性,尤其是镶嵌性头骨形态特征,反映东亚更新世人类演化特点既具有一般性的趋势,同时还呈现一定程度的地区连续性以及与其他地区古人类之间的交流。

许昌人很可能代表着中国华北地区早期现代人的直接祖先。许昌人头骨化石呈现的复杂及镶嵌性形态特征为中国古人类演化的地区连续性以及与欧洲古人类之间的交流提供了一定程度的支持。但需要指出的是,东亚更新世晚期人类演化比以往研究认为的要复杂的多。东亚古人类演化并非单纯的“线性进化”或者“取代”的简约模式,在晚更新世早期,东亚地区可能并

存多种古人类群体,不同群体之间存在杂交或基因交流。



(a) 许昌人1号(右侧)和2号(左侧)头骨化石 (b) 许昌人头骨与直立人、早期现代人对比

图11 发现新的古老型人类——许昌人

(图片来源:中国科学院古脊椎动物与古人类研究所)

## 7 结论

早期生命起源演化、生物宏演化及其机制、陆地生态系统起源与演化、人类起源与演化等重大科学问题仍将长期成为古生物学研究的热点所在,一些特异保存生物群(如澄江生物群、热河生物群、琥珀生物群等)的新成果也会始终让人们眼前一亮,古生物学与生物学、地球化学等其他学科越来越深入的交叉融合将在未来找寻新的突破口,新方法、新技术越来越广泛地使用促使更多信息得以获取和分析。虽然我们力图全面叙述2017年全球古生物学研究的热点和重要进展,但囿于水平所限,实难完成,错漏及观点偏颇之处在所难免。本文选取了一些古生物学研究成果,希望能由点及面,从不同侧面反映古生物学研究在2017年发展的情况。

## 参考文献(References)

- [1] Nutman A P, Bennett V C, Friend C R L, et al. Rapid emergence of life shown by discovery of 3700 million year old microbial structures[J]. *Nature*, 2016, 537: 535-538.
- [2] Dodd M, Papineau D, Grenne T, et al. Evidence for early life in earth's oldest hydrothermal vent precipitates[J]. *Nature*, 2017, 543: 60-64.
- [3] Cates N L, Ziegler K, Schmitt A K, et al. Reduced, reused and recycled: Detrital zircons define a maximum age for the Eoarchean (ca.3750—3780 Ma) Nuvvuagittuq supracrustal belt, Québec (Canada)[J]. *Earth Planet Science Letter*, 2013, 362: 283-293.
- [4] Darling J R, et al. Eoarchean to Neoarchean evolution of the Nuvvuagittuq supracrustal belt: New insights from U-Pb zircon geochronology[J]. *American Journal of Sciences*, 2013, 313:

- 844–876.
- [5] O'Neil J, Carlson RW, Francis D, et al. Neodymium-142 evidence for Hadean mafic crust[J]. *Science*, 2008, 321: 1828–1831.
- [6] O'Neil J, Carlson R W, Paquette J-L, et al. Formation age and metamorphic history of the Nuvvuagittuq greenstone belt[J]. *Precambrian Research*, 2012, 220–221: 23–44.
- [7] Bernard S, Papineau D. Graphitic carbons and biosignatures[J]. *Elements*, 2014, 10: 435–440.
- [8] Zuilen M A, Lepland A, Arrhenius G. Reassessing the evidence for the earliest traces of life[J]. *Nature*, 2002, 418: 627–630.
- [9] Schopf J M, Kitajima K, Spicuzza M J, et al. SIMS analyses of the oldest known assemblage of microfossils document their taxon-correlated carbon isotope compositions[J]. *PNAS*, 2017–12–18. doi: 10.1073/pnas.1718063115.
- [10] Hagadorn J W, Xiao S, Donoghue P, et al. Cellular and sub-cellular structure of neoproterozoic animal embryos[J]. *Science*, 2006, 314: 291–294.
- [11] Bailey J V, Joye S B, Kalanetra KM. Evidence of giant sulphur bacteria in Neoproterozoic phosphorites[J]. *Nature*, 2007, 445: 198–201.
- [12] Hultgren T, Cunningham J A, Yin C, et al. Fossilized nuclei and germination structures identify Ediacaran "Animal Embryos" as encysting protists[J]. *Science*, 2011, 334: 1696–1699.
- [13] Schiffbauer J D, Xiao S, Sen Sharma K. The origin of intracellular structures in Ediacaran metazoan embryos[J]. *Geology*, 2012, 40: 223–226.
- [14] Yin Z, Cunningham J, Vagaas K, et al. Nuclei and nucleoli in embryo-like fossils from the Ediacaran Weng'an Biota[J]. *Precambrian Research*, 2017, 301: 145–151.
- [15] Han J, Morris S, Ou Q, et al. Meiofaunal deuterostomes from the basal Cambrian of Shaanxi (China)[J]. *Nature*, 2017, 542: 228–231.
- [16] Zamora S, Rahman I A, Smith A B. Plated Cambrian bilaterians reveal the earliest stages of echinoderm evolution[J]. *PLoS One*, 2012, 7: e38296.
- [17] Nanglu K, Caron J-B, Morris C, et al. Cambrian suspension-feeding tubicolous hemichordates[J]. *BMC Biology*, 2016, 14: 56.
- [18] Ou Q, Conway M S, Han J, et al. Evidence for gill slits and a pharynx in Cambrian vetulicolians: Implications for the early evolution of deuterostomes[J]. *BMC Biology*, 2012, 10: 81.
- [19] Gillis J A, Fritzenwanker J H, Lowe C J. A stem-deuterostome origin of the vertebrate pharyngeal transcriptional network[J]. *Proceedings of Royal Society of London B*, 2012, 279: 237–246.
- [20] Schoenemanna B, Pärnaste H, Clarkson E. Structure and function of a compound eye, more than half a billion years old[J]. *PNAS*, 2017, 114(51): 13489–13494.
- [21] Zhao F, Bottjer D, Hu S, et al. Complexity and diversity of eyes in Early Cambrian ecosystems[J]. *Scientific Reports*, 2013, doi: 10.1038/srep02751.
- [22] Aria C, Caron J-B. Mandibulate convergence in an armoured Cambrian stem chelicerate[J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2017, 17: 261.
- [23] Hoyal C J, Conway M S. Nutrient-dependent growth underpinned the Ediacaran transition to large body size[J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2017, 1: 1201–1204.
- [24] Stein W, Mannolini F, Hernick L. Giant cladoxypsid trees resolve the enigma of the Earth's earliest forest stumps at Gilboa[J]. *Nature*, 2007, 446: 904–907.
- [25] Xu H, Berry C, Stein W, et al. Unique growth strategy in the Earth's first trees revealed in silicified fossil trunks from China[J]. *PNAS*, 2017, 114(45): 12009–12014.
- [26] Sepkoski J. A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity III. Post-Paleozoic families and mass extinctions[J]. *Paleobiology*, 1984, 10: 246–267.
- [27] Botting J, Muir L, Zhang Y, et al. Flourishing sponge-based ecosystems after the End-Ordovician mass extinction[J]. *Current Biology*, 2017, 27(4): 556–562.
- [28] Cai C, Huang D, Newton A, et al. Early evolution of specialized termitophily in Cretaceous rove beetles[J]. *Current Biology*, 2017, 27(8): 1229–1235.
- [29] Cai C, Leschen R, Hibbett D, et al. Mycophagous rove beetles highlight diverse mushrooms in the Cretaceous[J]. *Nature Communication*, 2017, doi: 10.1038/ncomms14894.
- [30] Sánchez-García A, Delclòs X, Engel M, et al. Marsupial brood care in Cretaceous tanaidaceans[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-04050-8.
- [31] Yin Z, Cai C, Huang D, et al. Specialized adaptations for springtail predation in Mesozoic beetles[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-00187-8.
- [32] Żyła D, Yamamoto M, Wolf-Schwenninger K, et al. Cretaceous origin of the unique prey-capture apparatus in mega-diverse genus: Stem lineage of Steninae rove beetles discovered in Burmese amber[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/srep45904.
- [33] Rio C, Haevermans T, de Franceschi D. First record of an Icacinae Miers fossil flower from Le Quesnoy (Ypresian, France) amber[J]. *Scientific Reports*, 2017, wsdoi:10.1038/s41598-017-11536-y.
- [34] Dutta S, Mehrotra R, Paul S, et al. Remarkable preservation of terpenoids and record of volatile signalling in plant-animal interactions from Miocene amber[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-09385-w.

- [35] Regalado L, Schmidt A, Appelhans M, et al. A fossil species of the enigmatic early polypod fern genus *Cystodium* (Cystodiaceae) in Cretaceous amber from Myanmar[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/s41598-017-14985-7.
- [36] Zheng D, Nel A, Jarzembowski E, et al. Extreme adaptations for probable visual courtship behaviour in a Cretaceous dancing damselfly[J]. *Scientific Reports*, 2017, doi: 10.1038/srep44932.
- [37] Wang X, Kellner A, Jiang S, et al. Egg accumulation with 3D embryos provides insight into the life history of a pterosaur[J]. *Science*, 2017, 358(6367): 1197–1201.
- [38] Wang X, Kellner A, Jiang S, et al. Sexually dimorphic tridimensionally preserved pterosaurs and their eggs from China [J]. *Current Biology*, 2014, 24: 1323–1330.
- [39] Hublin J, Ben-Ncer A, Bailey S, et al. New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens* [J]. *Nature*, 2017, 546: 289–292.
- [40] Richter D, Grün R, Joannes-Boyau R, et al. The age of the hominin fossils from Jebel Irhoud, Morocco, and the origins of the Middle Stone Age[J]. *Nature*, 2017, 546: 293–296.
- [41] Stringer C, Galway-Witham J. Palaeoanthropology: On the origin of our species[J]. *Nature*, 2017, 546: 212–214.
- [42] Schlebusch C, Malmström H, Günther T, et al. Ancient genomes from southern Africa pushes modern human divergence beyond 260,000 years ago[J]. *BioRxiv*, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.1101/145409>.
- [43] Athreya S, Wu X. A multivariate assessment of the Dali hominin cranium from China: Morphological affinities and implications for Pleistocene evolution in East Asia[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2017, 164(4): 679–701.
- [44] Li Z, Wu X, Zhou L, et al. Late Pleistocene archaic human crania from Xuchang, China[J]. *Science*, 2017, 355(6328): 969–972.

## Hot research topics of paleontology in 2017

CAI Huawei<sup>1,2</sup>, YANG Qun<sup>1,3,4</sup>

1. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China
2. CAS Key Laboratory of Economic Stratigraphy and Palaeogeography, Nanjing 210008, China
3. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing 210008, China
4. College of Earth Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract** We summarize the outstanding research advances of paleontology in 2017, including discoveries of the earliest fossil records, macroevolution, unique growth strategy for the Earth's first trees, meticulously preserved fossils and their behavior in ambers, egg accumulation with 3D embryos of pterosaur, new fossils from Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*, and Late Pleistocene archaic human crania from Xuchang.

**Keywords** paleontology; earliest fossil records; paleoanthropology ●



(责任编辑 陈广仁)